

TAL TECH

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

INSENERITEADUSKOND

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

ACS880-304 MOODULI TRÜKKPLAATIDE TESTIMISE STENDI KOOSTAMINE

BUILDING ACS880-304 MODULE PCBS TEST SETUP BAKALAUREUSETÖÖ

Üliõpilane: Siret Hinno
Üliõpilaskood: 164607MAHB
Juhendaja: Mart Tamre, professor
Konsultant: Jaan Sarap,
kvaliteediinsener (ABB)

Tallinn, 2020

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." jaanuar. 2020.

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." jaanuar. 2020.

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."2020.

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

TalTech Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Siret Hinno 164607MAHB (nimi, üliõpilaskood)

Õppekava, peeriala: MAHB02/13 – Mehhatroonika (kood ja nimetus)

Juhendaja(d): professor Mart Tamre, 620 3202 (amet, nimi, telefon)

Konsultant: Jaan Sarap, kvaliteedi insener (nimi, amet)

ABB AS, +372 5169 368, jaan.sarap@ee.abb.com (ettevõtte, telefon, e-post)

Lõputöö teema:

(eesti keeles) ACS880-304 mooduli trükkplaatide testimise stendi koostamine

(inglise keeles) Building ACS880-304 module PCBs test setup

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Saada aru mooduli tööpõhimõttest ja olemusest
2. Tuvastada vajalikud komponendid ning teostada eeltöö stendi koostamiseks
3. Teststendi koostamine ning kasutusjuhendi kirjutamine

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Mooduli tööpõhimõtte mõistmine	01.12.2019
2.	Teststendi koostamine	15.12.2019
3.	Juhendi valmimine	20.12.2019
4.	Lõputöö kirjalik vormistamine	29.12.2019

Töö keel: eesti

Lõputöö esitamise tähtaeg: 03. jaanuar 2020. a

Üliõpilane: Siret Hinno 164607MAHB

/allkirjastatud digitaalselt/ 18. detsember 2019. a

Juhendaja: Mart Tamre

/allkirjastatud digitaalselt/ 18. detsember 2019. a

Konsultant: Jaan Sarap

/allkirjastatud digitaalselt/ 18. detsember 2019. a

Programmijuht: Mart Tamre

/allkirjastatud digitaalselt/ 18. detsember 2019.

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

Sisukord

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	5
JOONISTE LOETELU	6
TABELITE LOETELU	7
SISSEJUHATUS	8
1 ACS880-304 TUTVUSTUS	9
1.1 Mooduli kirjeldus	9
1.2 Tööpõhimõte	9
1.2.1 Alaldi väljundi stabiliseerimine	11
1.2.2 Kolme faasi täislainealaldi	11
1.3 Mooduli juhtimine	13
1.4 Teststendi eesmärk	14
2 ACS880-304 TESTSTENDI ETTEVALMISTUS	15
2.1 ACS880-304 juhtimisloogika	15
2.1.1 Komponentide ühendusskeem	17
2.1.2 Arduino Pro Mini kood	18
2.1.3 Arduino Uno kood	19
2.2 ACS880-304 komponendid	20
2.3 Stendi komponentide vajadus	21
2.4 Mooduli teststendi elektriskeem	22
3 ACS880-304 D8T STENDI EHITUS JA KASUTUSJUHEND	25
3.1 BEEP trükkplaadi koostamine	25
3.2 Stendi ettevalmistus	26
3.3 Stendi koostamine	26
3.4 Stendi testimine	28
3.5 Kasutusjuhend	29
KOKKUVÕTE	30
CONCLUSION	31
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	32
Lisa 1 – Arduino Pro Mini kood	33
Lisa 2 – Arduino Uno kood	35
Lisa 3 – USER MANUAL	37

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

AC – vahelduvvool (alternating current)

BCU – on juhtimise üksus või seade (Beech control unit)

DC – alalisvool (direct current)

DxT – diod–türistor moodul, x vahel näitab mooduli mõõtmeid, tavaliselt number.

LED – valgusdiod (light emitting diode)

LCD – vedelkristall ekraan (liquid crystal display)

PCB – trükkplaat (printed circuit board)

JOONISTE LOETELU

Joonis 1.1 Mooduli põhiskeem [4]

Joonis 1.2 Faasivoolu täislainealaldi väljundpinge graafik [2]

Joonis 1.3 Kolme faasi täislaine dioodalaldussilla ühendusskeem [3]

Joonis 1.4 Kolmefaasilise voolu graafik ning täislainealaldi väljundsignaal [3]

Joonis 1.5 Näidisprojekti komponentide ühendusskeem

Joonis 2.1 Näidisprojekti komponentide ühendusskeem

Joonis 2.2 Arduino Pro Mini koodi voodiagramm

Joonis 2.3 Arduino Uno koodi voodiagramm

Joonis 2.4 Avatud mooduli sisu näidis

Joonis 2.5 ACS880-304 mooduli komponentide ühendusskeem

Joonis 3.1 Stendi osana koostatud töötav BEEP trükkplaati

Joonis 3.2 Valminud teststend

Joonis 3.3 Türistori DC+ ja DC- vahelt mõõdetud väljundi voolutugevus

Joonis 1 Hädaseiskamise nupp

Joonis 2 Automatic fuse on sisse lülitatud

Joonis 3 Stend kaetud pleksiklaasiga

Joonis 4 Seinakontakti ühendus

Joonis 5 Stendi peamise toite lüliti

Joonis 6 Märgutuli, kontaktori lüliti ja hädaseiskamise nupp

Joonis 7 Juhtimispuult

Joonis 8 LEDid, mis hakkavad põlema, kui türistorid alaldavad

Joonis 9 Ostsilloskoograafi ekraanipilt mõõdetuna türistoride väljundist koormuse all

TABELITE LOETELU

Tabel 1 Näidisprojekti komponentide nimekiri

Tabel 2 Stendi komponentide loetelu

Tabel 3 Stendi ohutusvarustuse komponendid

Tabel 4 Stendi ehituslikud komponendid

SISSEJUHATUS

Antud bakalaureusetöö eesmärk on luua ABB mooduli tüübikoodiga ACS880-304 trükkplaatide ja elektriliste komponentide testimiseks vähendatud süsteem originaalsest moodulist. Lõputöö on ajendatud ABB kvaliteediosakonna vajadusest testida antud mooduli vigaseid trükkplaate ning elektroonilisi komponente.

Kuna moodul on massiivne ja trükkplaadid raskesti ligipääsetavad, aga elektroonika osa on suhteliselt kompaktne, siis on otstarbekas luua elektrikomponentide testimiseks toimiv süsteem, edaspidi stend või teststend.

Bakalaureusetöö on valminud koostöös ABB kvaliteediinseneridega ning on kasutatud nende soovitusi. Osa mooduli ehituslikest nüanssidest ei ole avalik informatsioon, seetõttu esineb bakalaureuse töös üldistamist.

Elektroonika testimiseks loodava süsteemi valmistamine on jagatud kolmeks suuremaks peatükiks:

Esimeses osas tutvustatakse mooduli tööpõhimõtet ning olulisemat teooriat antud mooduli töötamise kohta. Põhjendatakse, miks on vaja luua mooduli testimiseks stend.

Teises osas pakutakse välja mooduli ACS880-304 testimise seadme üldine lahendus, tuvastatakse komponente, mida on mooduli elektriliste komponentide testimiseks tarvis. Sealhulgas leitakse sobivad parameetrid ja testimise seadme mõõtmed.

Kolmandas osas kirjeldatakse testimise seadme koostamise metoodikat ning luuakse seadmele kasutusjuhend.

1 ACS880-304 TUTVUSTUS

Esimeses osas tutvustatakse ACS880-304 DxT mooduli tööpõhimõtet ning kirjeldatakse mooduli elektrilisi tööprintsippe ja piirmäärasid. Selgitatakse mooduli töötamise teoreetilist tausta ning põhjendatakse, miks on vaja luua mooduli testimiseks stand.

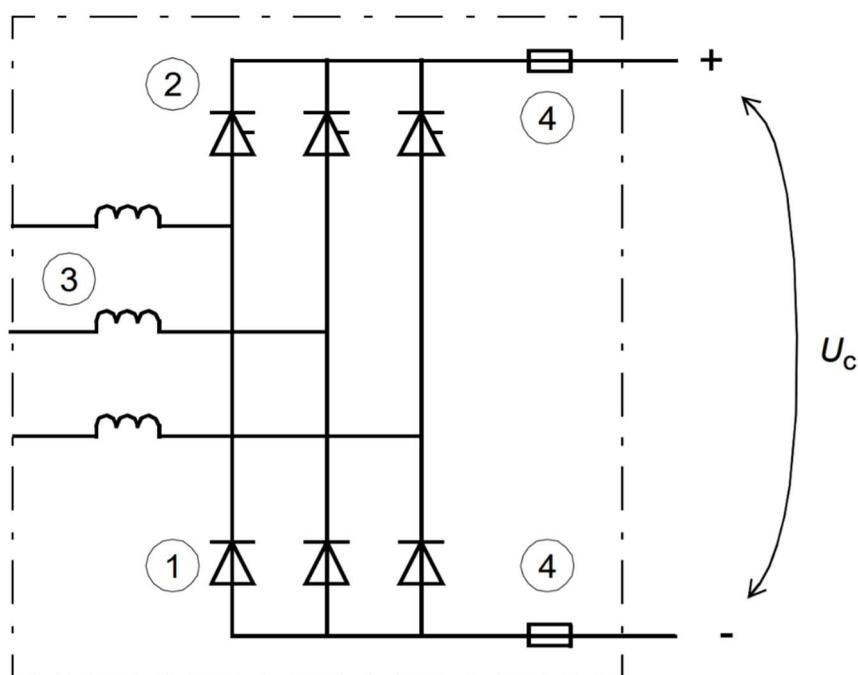
1.1 Mooduli kirjeldus

ABB moodul tüübikoodiga ACS880-304 on diod-türistor aladiga alalisvoolu toitemoodul. See tähendab, et diod-türistor aladitega muudetakse vahelduvvoolu kolme faasi sisend alalisvoolu väljundiks [1].

ACS880-304 on elektriajami süsteemi üks alamosa. Moodulist saadud alalisvoolu hakatakse inverteriga lülitama selliselt, et tekitatakse pulsilaiusmodulatsiooni teel vajaliku pinge ja sagedusega siinussignaali, mida kasutatakse mootori pöördemomendi ja pöörlemiskiiruse juhtimiseks.

1.2 Tööpõhimõte

ACS880-304 DC türistor-diod toitemoodul on vajalik muutmaks vahelduvvool alalisvooluks. Joonisel 1.1 on toodud mooduli põhiskeem.



Joonis 1.1 Mooduli põhiskeem [4]

Joonisel on näha, et kolme faasi täislainealaldi DC+ suuna diodid on asendatud türistoridega, mooduli toitepoolel on induktiivpoolid ning enne U_c väljundit on paigaldatud kaitsed. Selgitamaks mooduli tööpõhimõtet, kirjeldatakse moodulis kasutatava alaldussilla tööpõhimõtet. Alustuseks kirjeldatakse alaldussilla skeemi igat komponenti eraldi, järgnevalt selgitatakse alaldi tööpõhimõtet.

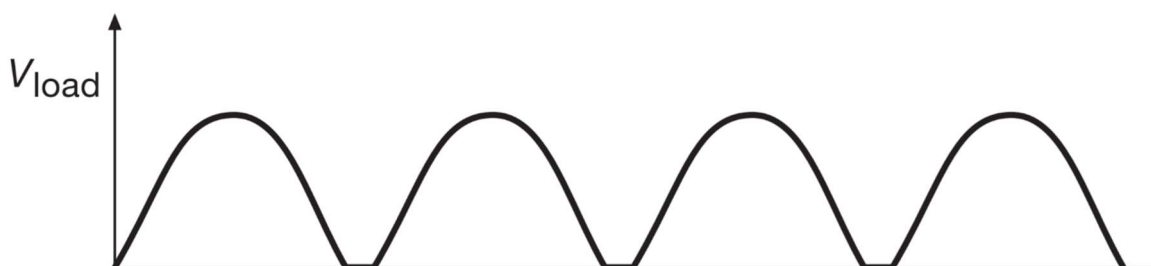
Diod on kahe klemmiga elektrooniline komponent, mis juhib voolu eelkõige ühes suunas anoodilt katoodile. Diodil on juhtivas suunas väga väike takistus (ideaalis null) ning vastassuunas väga suur takistus (ideaalis lõpmatu). Füüsikaliselt saab vool liikuda ainult suurema potentsiaaliga pingelt madalama potentsiaali suunas. [2]

Türistor on pooljuhtseadis, mis tüürivooluimpulsi saades tüürelektroodile hakkab juhtima voolu anoodilt katoodile kuni sisendisse antav pinge katkeb. Siinuselise vahelduvvoolu puhul katkeb türistori juhtivus hetkel, kui faasi pingeväärtus läbib nullpunkti. Türistorid on suutelised lülitama võimustel kuni mitu megawatti. [2]

Tulenevalt türistori juhtivuse printsiibist on võimalik juhtida türistori ainult viivitades tüürivoolu impulsi andmisega. Moodulis kasutatakse türistore selleks, et piirata kondensaatorite laadimisvoolu mooduli sisselülitamise ajal. [1]

Dioodalaldussild on diodidest elektri ahela osa, mille eesmärk on tekitada vahelduvvoolust alalisvool. Kui vahelduvvooluallika järele ühendada päripingestatud diodid, siis väljundisse jõuab voolugaafikust ainult positiivne osa.

Täislainealaldi on neljast diodist koosnev alaldi, mille väljundisse jõuab kogu voolugaafik ühesuunalisena. Läbi diodi alaldatud positiivne osa suunatakse väljundi plussi alla ning negatiivse osa suund muudetakse. Kui suunata läbi täislainealaldi vahelduvvool, siis väljundisse tekib ühesuunalise voolu graafik, mis on kujutatud joonisel 1.2 [2].



Joonis 1.2 Faasivoolu täislainealaldi väljundpinge graafik [2]

Ühe faasi aldamisel tekkiv väljundvool ja pinge muutub ajas. Euroopas kasutatakse ühtset faasivoolu süsteemi, kus keskmine faasipinge väärtus on 230 V ning sagedus on 50 Hz. Süsteemi väljundpinge muutub siinus-signaalina vahemikus 0 kuni 325 V. Kõikuv pinge vajab signaali silumist. Nii suurt pinge muutust on igal juhul keeruline siluda ning väljund jääb jätkuvalt ebastabiilne. Katkendlikkust signaalis on tarvis oluliselt vähendada.

1.2.1 Alaldi väljundi stabiliseerimine

Saavutamaks alaldi stabiilne väljund on kaks varianti. Üks võimalus on kasutada filtrit. Elektriliselt on olemas kas takisti ja kondensaatoriga filter (RC-filter) või pooli ja kondensaatori filter (LC-filter)[2]. Filtri kasutamise puudus on eralduv soojusenergia ja seetõttu tekkivad kaod. Filtriga ei ole võimalik väga suuri kõikumisi siluda.

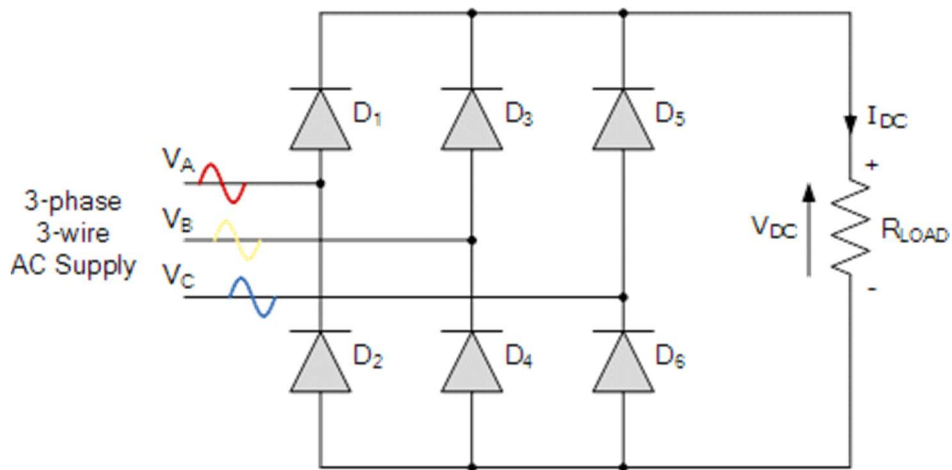
Teine variant väljundi silumiseks on keskenduda sisendile. See tähendab, et ühe faasi sisendi asemel kasutatakse kolmefaasilist sisendit. Kolmefaasilise sisendi nimipinge Euroopas on 400 V ning faaside vahel on 120 kraadne faasinihe, ühendades Y-ühenduskeemi järgi.

Praktiliselt ei piisa ainult sisendi muutmisest, reaalses rakendustes kasutatakse ka kolme faasi täislainealaldi juures väljundi silumist filtriga.

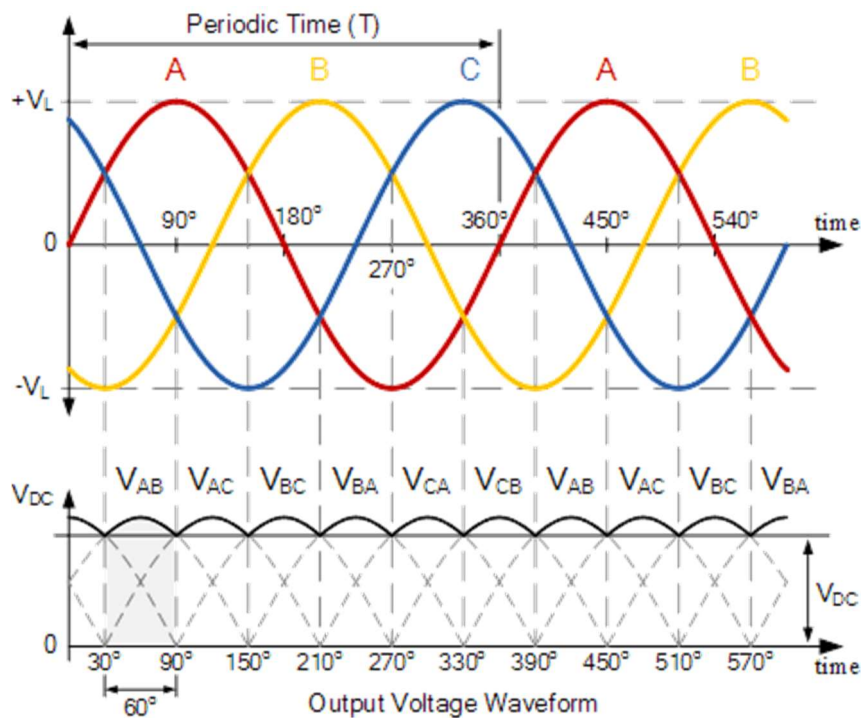
Antud mooduli väljundit silutakse takisti ja kondensaatori passiivfiltriga (RC-filter). RC-filtreid kasutatakse peamiselt madalsageduslikes rakendustes st kuni 100 kHz. Mooduli filter moodustub takisti ja kondensaatori ahelast, passiivfiltri väljundisse jõuab üldjuhul väiksema amplituudiga signaal kui sisendis. Moodulis kasutatakse madalpääsufiltrit, et eraldada alalisvoolust vahelduvvool [3].

1.2.2 Kolme faasi täislainealaldi

Kolme faasi täislainealaldi on dioodalaldussild, mida kasutatakse kolme faasi voolude aldamiseks. Ehituselt on kolme faasi alaldi puhul iga faasi kohta kaks dioodi ning väljundiks saadakse DC+ ja DC-, alaldi skeem on kujutatud joonisel 1.3. Kolme faasi voolude graafik on kujutatud joonisel 1.4.



Joonis 1.3 Kolme faasi täislaine diodalaldussilla ühendusskeem [3]



Joonis 1.4 Kolmefaasilise voolu graafik ning täislainealaldi väljundsignaal [3]

Kolme faasi alaldi eelis ühe faasi täislainealaldi ees on stabiilsem väljund. Parim variant on kolme faasi täislainealaldi, sest siis jäävad muutused minimaalsed ning väljundpinge on suurem lähtuvalt diodssilla tööpõhimõttest.

Kolme faasi väljundpinged ei saa liituda, sest alaldi skeemis on faaside väljundid sillatud. Diodsild laseb DC+ poolel korraga läbi ainult kõige positiivsema väärtusega faasi pinge ning DC- poolel kõige negatiivsema väärtusega faasi. Väljundi DC+ ja DC- tekib potentsiaalide erinevus. Faasinihke ning diodide tööpõhimõtte tõttu tekib väljundsignaalis virvendus iga perioodi jooksul 6 korda, see on siinussignaali korral iga 60 kraadi järelt.

Diodsilla keskmine DC väljundi väärtus on:

$$230 \cdot \frac{3\sqrt{6}}{\pi} = 230 \cdot 2,34 = 538 \text{ V DC.}$$

Kolmefaasi täislainealaldi väljundiks on siinussignaaside puhul kõige positiivsema ning kõige negatiivsema laine potentsiaalide erinevus.

Maksimaalne väljundpinge on:

$$325 \cdot \sin 120^\circ + (-325 \cdot \sin 240^\circ) = 325 \cdot 0,866 - 325 \cdot (-0,866) = 562,92 \text{ V}$$

Minimaalne väljundpinge:

$$325 \cdot \sin 30^\circ + 325 \cdot \sin 240^\circ = 162,5 + 281,4 = 443,9 \text{ V}$$

Moodulis kasutatakse kolme faasi jaoks dioodalaldussilda, mille positiivses suunas asetsev diod on asendatud türistoriga. See tähendab, et teoorias võib mooduli keskmine väljund muutuda vahemikus 269 V DC kuni 538 DC eeldusel, et türistore siis kas üldse ei avata või rakendatakse neid maksimaalselt. Kui türistore üldse ei avata, siis moodul ei saa toimida, tekib küll potentsiaalide erinevus, aga voolu ahelas ei teki ja moodul ei tööta.

ACS880-304 DxT moodul on oma olemuselt pooljuhitav alaldi. Antud rakenduses on türistoride juhtimise eesmärk on piirata vahelduvvoolu eelkõige mooduli käivituse ajal, kui laetakse kondensaatoreid.

1.3 Mooduli juhtimine

Türistor-diod alaldi mooduli juhtimine toimib BCU juhtseadmega, mis kontrollib mooduli peamist kontaktorit ning türistoride tüüriimpulsside ajastust. Juhtseadmeprogramm ADILX v2.5. Kontrollpaneeli kasutades saab moodulit käivitada, seisata. Lugeda ja näha veakoode, infovahetuseks kasutatakse optilist linki [1].

Moodulis mõõdetakse faasivoolusid, temperatuuri ning saadetakse türistoridele tüüriimpulsse õige ajastusega. Türistor-diod alaldi juhtimise vajadusest lähtuvalt on ainuvõimalik variant moodulit juhtida programmiliselt. Mooduli käivitusmomendil piiratakse türistoride juhtivuse aega. Normaalingimustel rakendatakse türistore maksimaalselt, tulemuseks on aladatud väljund nagu kogu alaldussild koosneks diodidest.

Rakendades türistore maksimaalselt, tuleb mõõta antud faasi sisendit, millele türistor on paigutatud. Türistori tüürivooluimpulss antakse 30-kraadise faasinihkega, sest türistor juhib voolu ainult ühes suunas. Enne 30 kraadi on türistor vastupingestatud ning seetõttu ei teki voolu, mis võimaldaks säilitada türistori avatud olek. Türistori tüürivooluimpulss antakse iga kord, kui antud faasi siinussignaali on 30 kraadi juures. Lülitused toimuvad 50 Hz sagedusega.

Käivitusmomendil töötamiseks mõõdetakse samuti antud faasi sisendit, kuid türistori tüürvoolu antakse pärast faasi siinuse 30 kraadi kuid mitte hiljem kui siinussignaali on 150 kraadi ületanud.

1.4 Teststendi eesmärk

Ettevõttes ABB AS toodetakse ACS880-304 türistor-diood mooduleid. Kuna tootmine ei ole täisautomaatne, siis esineb erinevaid probleeme – tuleb ette valesid ühendusi, esineb mehaanilisi vigastusi või tootjatelt tuleb praaki. Igal juhul on väga oluline vähendada moodulite koostamisele kuluvat aega. Aga selleks on vaja teada vigade tekkepõhjuseid.

Ainus võimalus vigade vähendamiseks on analüüsi käigus tuvastada vigade tekkepõhjused. Elektriliselt on võimalik väga palju mõõtmisi teostada multimeetri abil, kuid trükkplaatide puhul on tarvis analüüsida ka signaale, mida saab esile kutsuda peamiselt mooduli tasandil. Hetkel on ainus variant võtta tootmisest terve moodul ja hakata moodulis tervikuna trükkplaatide testimist. Sisuliselt tähendab see suurt ajakulu mooduli konstruktsiooni lahti krüvimiseks ja trükkplaadi asendamiseks, et seda analüüsida.

Lähtuvalt vajadusest analüüsile oluliselt vähem aega kulutada on vaja luua selle mooduli testimiseks eraldi labori teststend, kus saab kiiresti trükkplaadi asendada ja testida, teostada mõõtmised ja tuvastada viga. Vajadusest analüüsi aega kokku hoida, luuakse lõputööna ACS880-304 trükkplaatide testimise stend.

2 ACS880-304 TESTSTENDI ETTEVALMISTUS

Teises osas selgitatakse mooduli juhtimise loogikat täpsemalt. Tuvastatakse stendi komponendid, mida on mooduli elektriliste komponentide testimiseks tarvis. Sealhulgas koostatakse põhimõtteline elektriskeem ja testimise seadme dimensioonid.

2.1 ACS880-304 juhtimisloogika

Mooduli käivitusel kondensaatorite laadimise ajal piiratakse faasi voolusid piirates türistoride juhtimise aega. Türistoride juhtimise loogika näitlikustamiseks on autor loonud minimalistliku mikrokontrolleritele laetud näidisprojekti. Türistoride juhtivuse aega tähistatakse LEDidega.

Loodud näidisprojekt näitab, et käivitusel on türistoride juhtivus piiratud, see tähendab, et LEDide vilkumise vahel on pausid. Pärast viit kordust läheb moodul tava töörežiimile, kus LEDid vilguvad kordamööda ilma pausideta. Lisaks on võimalus nupuga siseneda lisarežiimi, kus saab potentsiomeetritega reguleerida nii perioodi pikkust kui ka türistori aktiveerimise nurka (LEDi süttimise viivitust). Perioodi saab muuta mooduli päris lülituste lähedase aja juurde (50 Hz) ning kõige aeglasem on kolme sekundi pikkune periood, et oleks silmaga võimalik lülitusi eristada.

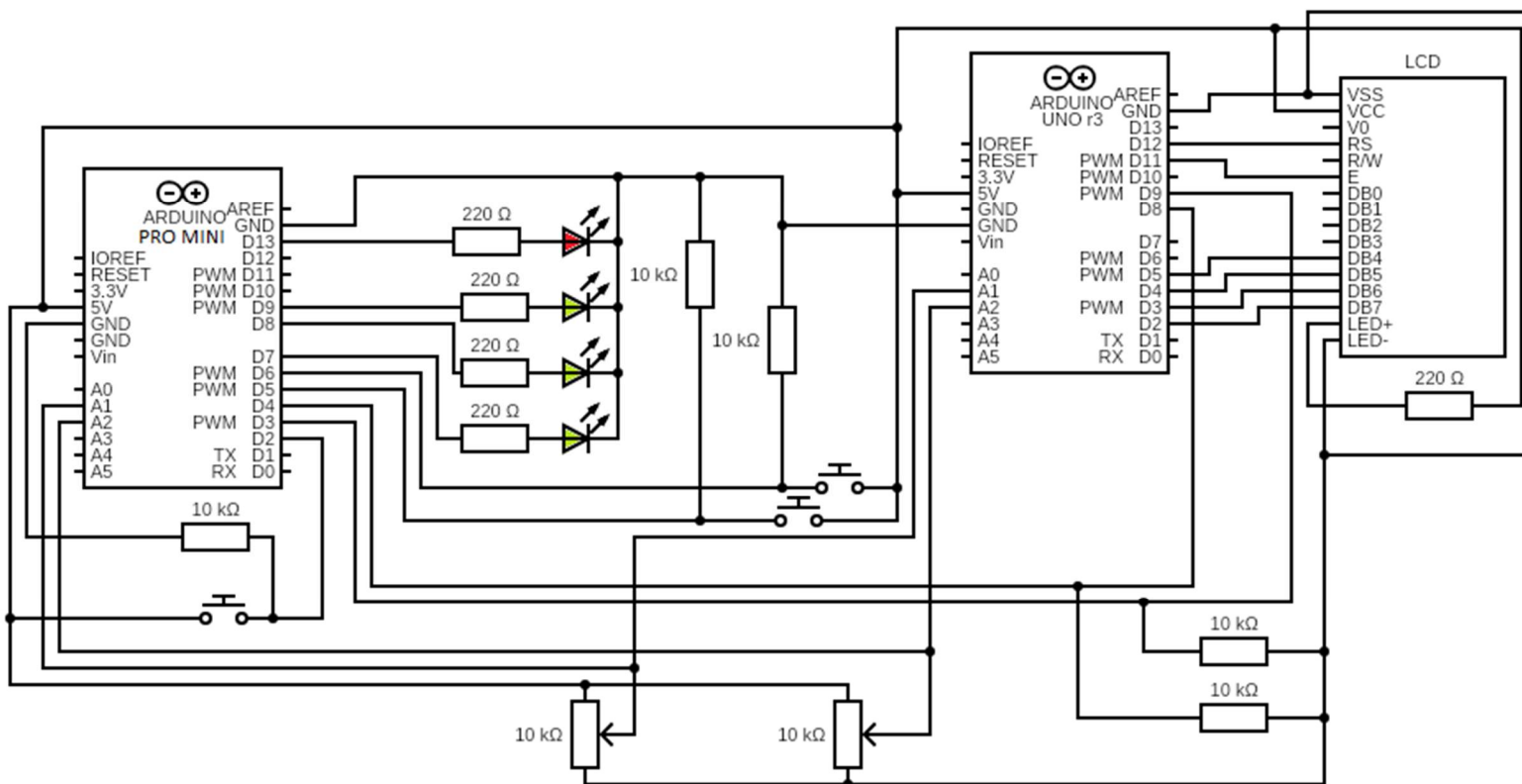
Mooduli käivituse hetkel käivitatakse moodul standardrežiimis, kus periood on oluliselt tegelikust 50 Hz pikem, üks tööperiood kestab 3 sekundit ning kõik lülitused on visuaalselt näha. Ekraanil kuvatakse perioodi pikkust millisekundites ning mooduli hetke olekut, kas on vastavalt startimine või tavaline töörežiim.

Tabel 1 Näidisprojekti komponentide nimekiri

Komponent	Spetsifikatsioon
Arduino UNO	ATmega328P, 16 MHz
Arduino Pro Mini	ATmega328, 5 V, 16 MHz
LED (3 tk)	Roheline, 5 V
LED (1 tk)	Punane, 5 V
Takisti (5 tk)	220 Ohm
Potentsiomeeter (2 tk)	10 kOhm
Lüliti (3 tk)	Normaalselt avatud (NO) vajutusega lüliti
Takisti (5 tk)	10 kOhm
LCD ekraan	
Juhtmed	
Patarei (9 V)	9 V DC

2.1.1 Komponentide ühendusskeem

Näidisprojekti ühendusskeemi peamine toiteallikas on ühendatud Arduino Uno külge, kuid see ei ole lisatud komponentide ühendusskeemile. Arduino Uno väljund 5 V kasutatakse Arduino Pro Mini toiteallikana ning GND potentsiaalid on kokku ühendatud. Skeemis on kasutatud *pull-down* takisteid, et signaalid ei jääks suvalise väärtuse juurde hõljuma, vaid oleksid vastavalt kas kõrge või madala väärtuse juures.



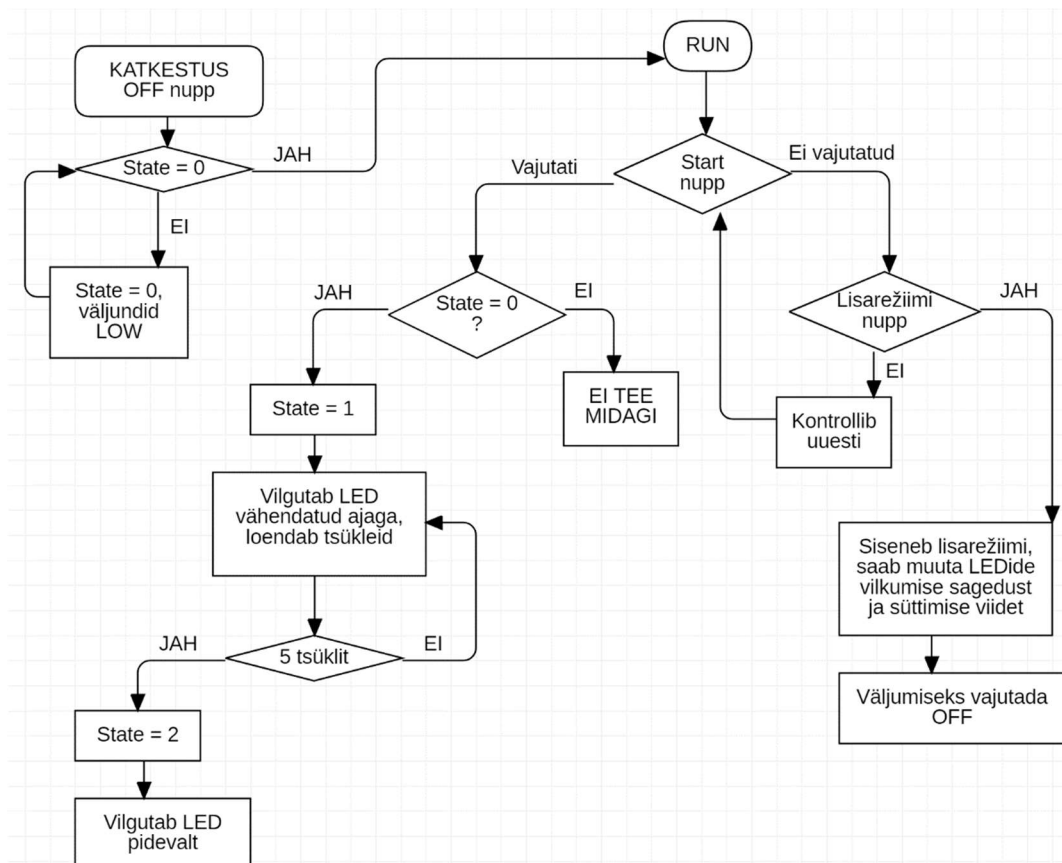
Joonis 2.1 Näidisprojekti komponentide ühendusskeem

2.1.2 Arduino Pro Mini kood

Koodis on esmalt deklareeritud kõik konstandid – türistore tähistavate LEDide väljundid, start, stopp ja lisarežiimi nuppude sisendid. Standard töötükli intervalli pikkus on 3 s, mis on jaotatud kolmeks võrdseks osaks. Iga kolmandiku jooksul põleb ühe faasi LED. Vähendatud juhtivuse korral põleb LED piiratud aja oma intervalli jäävast kolmandikust. Maksimaalse juhtivuse korral LEDid põlevad kordamööda ilma vahepealsete pausideta. Info edastamiseks kasutatakse olekuväljundeid. Kood on nähtav Lisa 1.

Koodi setup funktsioon määrab, kas mikrokontrolleri klemmi kasutatakse sisendi või väljundina. Stopp nupu tarbeks kasutatakse katkestit, sest moodulit võidakse peatada praktiliselt igal hetkel koodis ja seetõttu pole mõttekas kontrollida antud nupu vajutust mingite intervallide järelt. Lisarežiimi pääseb ainult vahetult pärast stopp nupu vajutust.

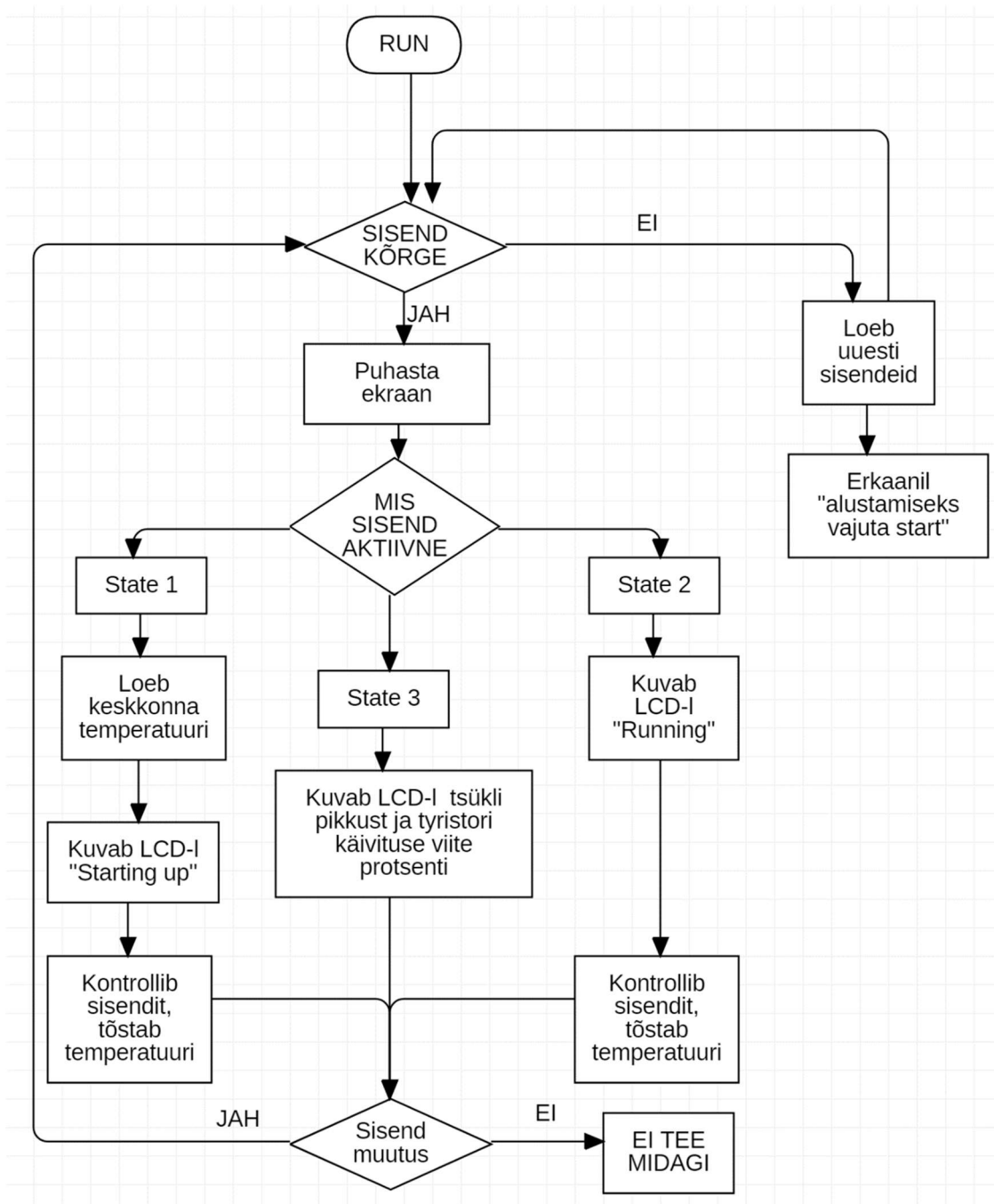
Katkesti jaoks on loodud funktsioon, mis viib mooduli olekusse State = 0 tagasi ning tsükkel saab algusest peale hakata jälgima start või lisarežiimi nupu vajutust. Sisuliselt kontrolleri peal jookseb pidevalt tsükkel. Mooduli oleku info (State) saadetakse teise kontrolleri peale. Kui State = 0, siis väljundid on madalal LOW potentsiaalil. Mõlemad väljundid representeerivad ühte mooduli olekut.



Joonis 2.2 Arduino Pro Mini koodi voodiagramm

2.1.3 Arduino Uno kood

Kaasatud on LCD ekraani standardfunktsioonide teek ning järgnevalt on deklareeritud muutujad. Kuna selle koodi sisendid sõltuvad täielikult Pro Mini koodi väljundist, siis kood on tehtud lihtne. Kontrollitakse olekuid ning kui olek muutub, siis kasutatakse vastava oleku alamkoodi. State 1 näitab, et on käivitamine, State 2 on tavaline töörežiim ning State 3 on lisarežiimi jaoks, kus saab reguleerida nii perioodi pikkust kui ka türistoride juhtivuse nurka ehk LEDi põlemise aega ühe töörežiimi jooksul, lisarežiimi sisenemise korral põleb punane LED. Kood on lõputöö lisa 2.

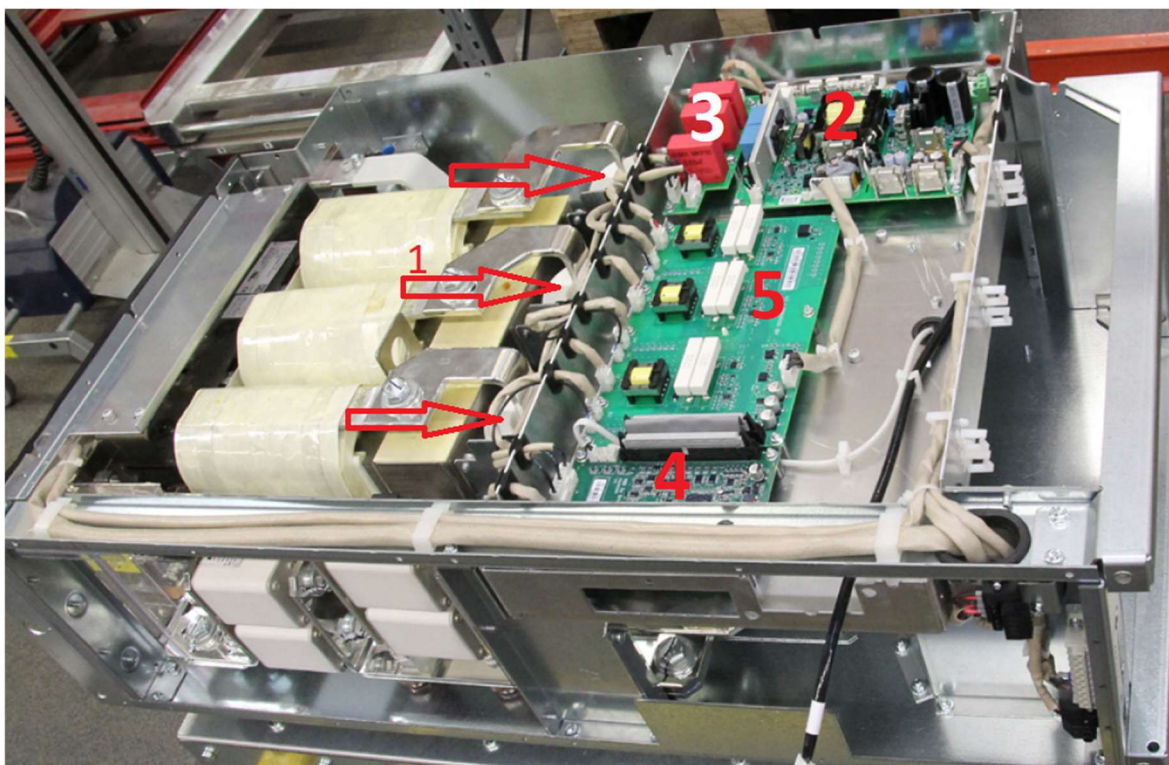


Joonis 2.3 Arduino Uno koodi voodiagramm

2.2 ACS880-304 komponendid

ACS880-304 D8T kohta leiab riisvara juhendist, et moodulis on türistor-diood alaldussild. Alaldatakse kolme faasi, see tähendab, et kasutusel on kolm türistor-dioodi. Mooduli juhtimiseks kasutatakse juhtimisüksust BCU (Beech control unit), mille peale kirjutatakse juhtimise programm. BCU on nagu arvuti, sinna lisatakse püsimälu, tehakse sisend-väljund ühendused ning selle peal toimub programmeerimine [4].

Moodul töötab tööstusvoolu pealt ehk Y-ühenduskeemi 400 V AC kolme faasi sisendiga. Tervikliku ACS880-304 D8T avamise kaudu on tuvastatud seesmised komponendid. Mooduli konstruktsioon on valmistatud lehtmestallist, mooduli sees on alumiiniumist DC väljundi latid, türistoride alla on ühendatud jahutusradiaatorid. Moodul on üsna massiivne ja robustne, sest arvestatud on mooduli suure võimusega. Voolu tõttu tekib türistorides kuumenemine ning kuuma on tarvis moodulist välja juhtida. Jahutamiseks kasutatakse ventilaatorit.



Joonis 2.4 Avatud mooduli sisu näidis

Mooduli komponendid on lühidalt selgitatud järgnevalt.

Kontrollpaneel ehk mooduli juhtimispuul kuvab voolude väärtuseid, temperatuure ja pingeid, sellest saab järeldada, et kasutatakse **voolumõõte trahvosiid** (joonisel märgitud nr 1) ning temperatuuri sensoreid.

BDPS (joonisel 2.4 nr 2) (double power supply) on trükkplaat, mida kasutatakse moodulis olevate trükkplaatide toiteallikana. Põhimõtteliselt toimib BDPS kahe erineva toiteallikaga – 230 V AC seinakontaktist või 380 kuni 1300 V DC, mille võib võtta selle sama mooduli väljundist. Aga mooduli väljundit tuleb enne rakendamist siluda. BDPS toimimiseks piisab ühest toitesisendist.

Alalisvoolu väljundit silutakse kondensaatorite ja takisti plokiga (**RC-filter**) (joonisel 2.4 nr 3).

Moodulis on veel **BINT** (interface) (joonisel 2.4 nr 4) ning **BTDR** (thyristor driver) (joonisel 2.4 nr 5) trükkplaadid.

BTDR külge on ühendatud voolumõõte trafod, temperatuuriandurid, lintkaabliga BINT ning türistorid. BTDR on türistori juhtimise trükkplaat, kuigi tegelik juhtimine toimib siiski **BCU** pealt. BCU on ühendatud optiliste kaablitega BINT trükkplaadiga.

BINT on vajalik selleks, et BTDRi külge ühendatud sensorite ning BCU peal oleva programmi vahel toimuks infovahetus.

2.3 Stendi komponentide vajadus

Projekteerimaks mooduli trükkplaatide testimiseks stendi, võib jätta väga paljud komponendid ära. Moodul ei pea trükkplaatide testimiseks olema väga võimeka väljundvooluga, sest seda ei kasutata inverteri toiteallikana ning ka mootorit ei ühendata inverteri külge. Sellest tulenevalt jäetakse stendis välja jahutuseesmärki täitvad radiaatorid ja ventilaator.

Stendi kasutatakse trükkplaatide ning türistoride testimiseks. Piisab sellest, et väljundpinge on mõõdetav. Mõõdetavuse tagamiseks ei ole vaja väljundit siluda, järelilikult võib RC-filtri välja jätta.

Analüüsimeks mooduli trükkplaate on vaja mõõta juhtsignaale. Kõik juhtsignaalid liiguvad läbi lintkaabli. Teststendis ei ole otstarbekas lintkaablit kohandada mõõtmiste teostamiseks sobivaks. Lintkaabli kohandamise asemel kasutatakse spetsiaalselt projekteeritud lisa-trükkplaati BEEP. Selle plaadi peal on ühendusklemmid iga signaali kohta ning lisaks LED märguande tuled, et oleks ka visuaalselt võimalik tuvastada, signaalide liikumist.

Tõenäoliselt tekib testimisel lühiseid ja esineb ootamatusi, sest testitakse vigaseid komponente. Antud kriteeriumist lähtuvalt peab olema moodulis nii hädaseiskamise võimalus kui ka automaatne liigvoolu kaitselüliti.

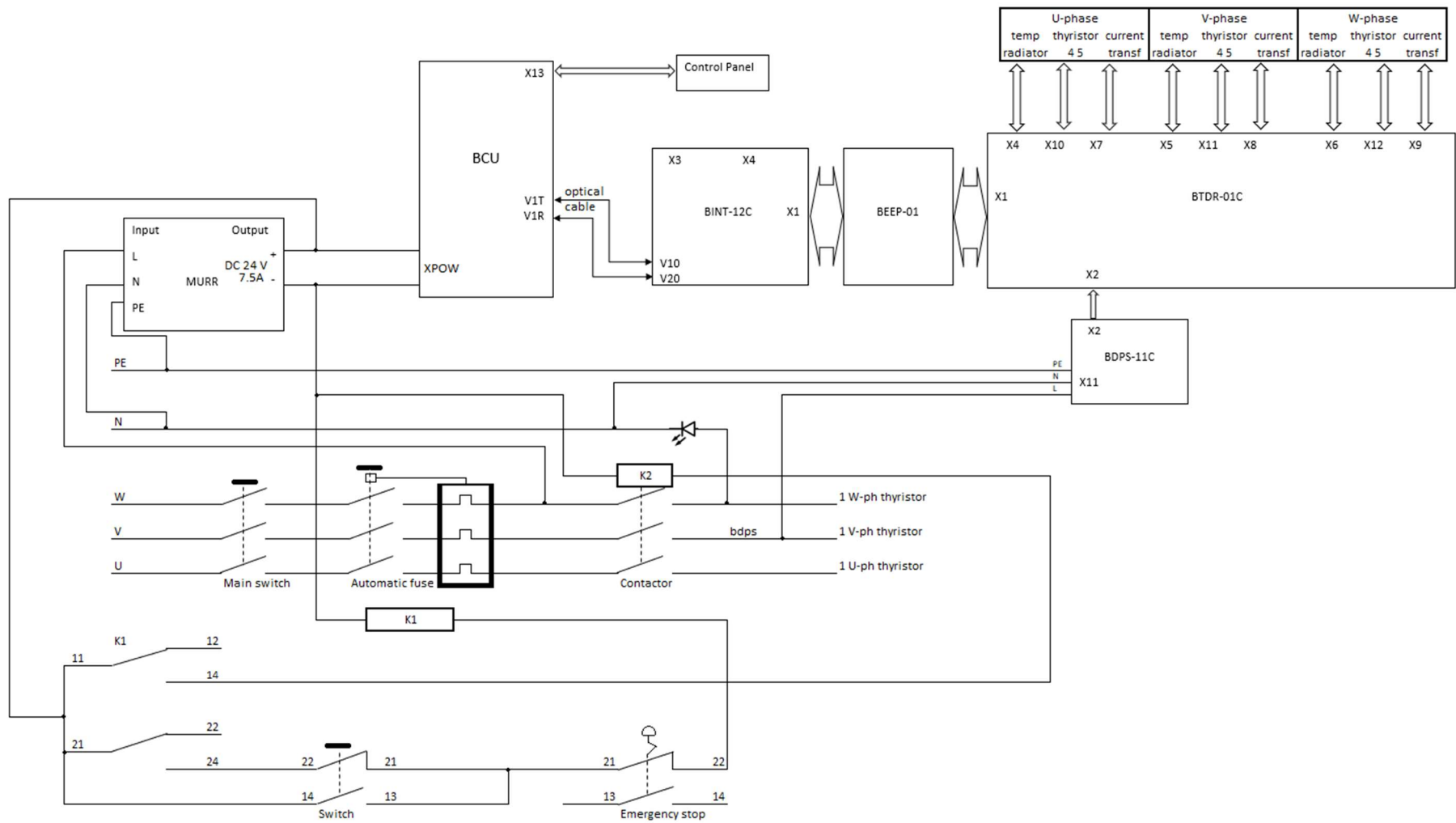
2.4 Mooduli teststendi elektriskeem

Skeemi koostamisel on ühendused üles märgitud mooduli avamise käigus saadud info põhjal. Ohutusahela osa on üles joonistatud varasemalt teststendides kasutusel olnud lahenduse põhjal. Teststend toimib 3-faasi tööstusvoolu seinakontaktist. Kahele faasile on tehtud väljavõtted, et tagada 230 V AC toide BDPS trükkplaadile ning 24 VDC toiteploki MCS-B. Toiteploki väljundit kasutatakse ohutusahela toiteks.

Joonisel ei ole välja toodud trükkplaatide elektriskeeme, sest stendi ehitamise tasandil pole see vajalik. Stendi tarbeks on täiesti piisav, kui on teada ühendused, mis on trükkplaatidel ja mooduli komponentidel omavahel. Joonisel on kujutatud ühendused plokskeemina.

Stendis ei kasutata BDPSi DC sisesendi toite osa, kasutatakse ainult 230 V AC sisendit. BDPSi X2 pistikus on väljund +24 V, 0, -24 V, see annab kokku väljundi 48 VDC, mida kasutatakse BTDR toitena. BTDR külge on ühendatud faasivoolu mõõtetrahvod, türistori tüürisignaali pistikud, termosensorid ning lintkaabliga BINT. Kogu skeem on näha jooniselt.

Kuna stendi ahelas on väga palju komplitseeritud elektrikomponente, siis voolutarve on mõõdetud ostillosgraafi voolumõõte sondiga. Eeldusel, et türistoride DC väljundisse on ühendatud koormus 1 kW, siis maksimaalne faasivoolu väärtus mõõdeti 4,5 A, samal ajal keskmine on 0,3 A. Kui stendis on türistorid avatud, siis juhtpuldilt on näha voolutarbe näiduks 2,1 A. Voolutugevus stendis sõltub täielikult koormusest.



Joonis 2.5 ACS880-304 mooduli komponentide ühendusskeem

Tabel 2 Stendi komponentide loetelu

Komponent	Eesmärk
BCU-02	Juhtpaneel
Control panel ACS-AP-I	Juhtimis pult
ZMU-02 (ADILX v2.51)	Mälu element
BINT-12C	Interface board, infovahetuseks BCU ja BTDRi vahel
BDPS-11C	Toiteallika trükkplaat
BTDR-01C	Türistor driver, temperatuuri ja voolu mõõtmine, türistoride juhtimine
Voolumõõtetrahvo R518C	3tk, nendega mõõdetakse sisend faasivoolusid
24 V toiteplokk MCS-B	230 V AC aldamine 24 V DC
BEEP	Signaalimõõteplaat BINT ja BTDR vahel
Thermistorid	Türistoride ning ruumi temperatuuri mõõtmiseks
Türistor-diodid (3tk)	Alaldussilla tarbeks
Seinakontakt	3ph + N + PE
Juhtmed/lintkaablid	Ühenduste tarbeks
Elektrooniline koormus	Vajalik, et lekkepinged hajutada

Kõik pinged üle 50 V AC on inimese jaoks ohtlikud. Moodulis kasutatakse 400 V AC, seega tegemist on ohtliku töövahendiga ja tuleb tagada ohutusmeetmed. Ohutuse tarbeks kasutatavad komponendid on toodud järgnevas tabelis.

Tabel 3 Stendi ohutusvarustuse komponendid

OHUTUSMEETMED	
Pleksiklaas	Kaitseklaas setupi kohale
Pealüliti OT16F3	Seinakontakti ahela katkestamiseks
Liigvoolu kaitselüliti S203 C10 400 V	Lühise korral automaatne ahela kaitse
Kontaktori lüliti	Lülitab releed, millega kontaktor sisse lülitatakse
Kontaktori AF30-30-00-11	Kolme faasi voolu ahela lülitamiseks
Relee RCL425024	Kontaktori lülitamiseks ja sees hoidmiseks
Hädaseiskamise nupp 300 V/ 5 A	Katkestab relee ahela selliselt, et kontaktor lülitatakse välja
LED 230 V AC	Märguanne, et stand on pingestatud

3 ACS880-304 D8T STENDI EHITUS JA KASUTUSJUHEND

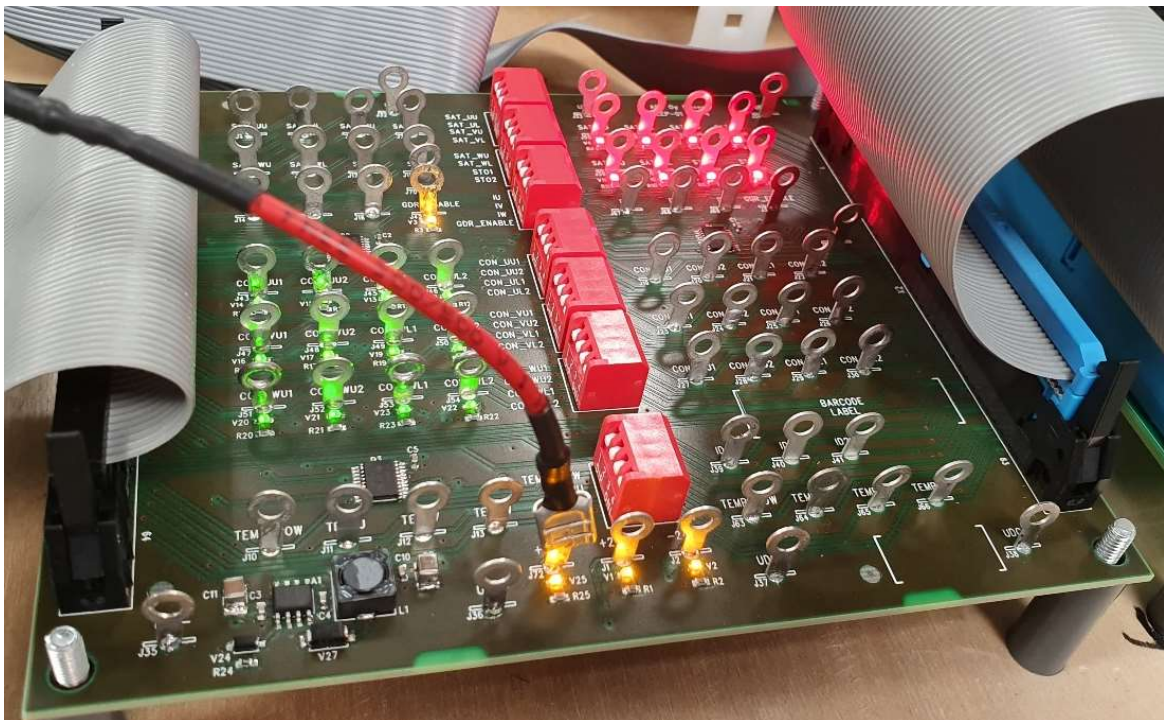
Eelnevalt on teada kõik kohustuslikud komponendid. Selles peatükis kirjeldatakse teststendi ehituslikku poolt ning luuakse valmis stendile kasutusjuhend.

3.1 BEEP trükkplaadi koostamine

Alguses oli BEEP trükkplaat laboris olemas, kuid see lisati ACS880-304 teststendi. Stendi ehitamise osana koostati uus BEEP trükkplaat. Kõik trükkplaadi komponendid joodeti elektriskeemi järgi PCB plaadile. Käsitööna valmistatud BEEP plaat testiti esmalt madalamal pingel toimivas stendis.

Trükkplaadi pinnale joodetavate komponentide koostamiseks esmalt pandi iga komponendi kinnituskohale jootepastat, komponendid asetati oma kohale järgides komponentide polaarsust. Hiljem kuumapuhuriga sulatati jootepasta jooteühendusteks.

Järgmise etapina joodeti jootekolviga külge kõik läbi-augu komponendid. Valminud töötav trükkplaat on näha joonisel 3.1.



Joonis 3.1 Stendi osana koostatud töötav BEEP trükkplaati

3.2 Stendi ettevalmistus

Laboris kasutatakse standard mõõtmega (430x810x10 mm) isoleerivat alust enamus teststendide koostamisel. Kindlad mõõtmed on vajalikud teststendi hoiustamise jaoks. Kogu mooduli trükkplaatide osa on mahutatud lihtsasti teisaldatavale standard mõõtmes puidust plaadile, mille peale pannakse standardmõõtmes pleksiklaas.

Esimeses etapis paigutati kohustuslikud komponendid puidust aluse peale, et tuvastada optimaalne ruumikasutus. Asukoha valikul lähtuti elektriskeemist ning suures osas moodulis kasutatavatest originaaljuhtmetest. Sisuliselt ei ole laboritingimustes otstarbekas lintkaableid ümber ehitada. Kui stendi osad olid paigutatud optimaalselt, tuli välja mõelda kinnituselemendid.

Teststendi lõpptulemusele esitatavad nõuded on, et:

- Komponentid on kinnitatud selliselt, et stendi kallutades miski paigast ei nihku.
- Trükkplaadid ja ühendused on kergesti ligipääsetavad ning mugavalt vahetatavad
- Ei esine juhtmepuntraid
- Stend peab olema ohutu

3.3 Stendi koostamine

Standardmõõtmes puitalusel paigutati kõik mooduli komponendid ühendusskeemi põhjal valitud järjestuses. Kuna trükkplaatide kruvikohad on GND (maandus) potentsiaalil, siis kõik trükkplaadid on elektriliselt stendi alusplaadist isoleeritud. Kõik trükkplaadid ning türistorid on tõstetud isolaatorite abil stendist alusplaadist eemale. Isolaatorid on kinnitatud stendi aluse külge.

Stendil on seitse komponenti isolaatorite peale kinnitatud. Kõik seitse komponenti seisavad nelja isolaatori peal. Läbi stendi puidust põhja on puuritud isolaatorite kinnitamiseks augud ning isolaatorid on kinnitatud peitpea kruvidega puidust aluse külge. Kruvid on 4 mm diameetriga ning kasutatud on 3 Nm pöördemomenti kruvide kinnitamiseks puidu sisse. Mahutavuse huvides on kaks trükkplaati asetatud kõrgemale ning kaks madalamale.

Dielektrilisest materjalist komponendid on kinnitatud otse stendi külge, kõik plastikust komponendid on kinnitatud kruviga puidu külge: lülitid, kontaktor, voolumõõde trahvod ning kaablikanal.

Kruviga otse puidust aluse külge on veel kinnitatud DIN-liistud. Ühele DIN-liistule on kinnitatud juhtmete ühenduselemendid, teisele on kinnitatud BCU ning kolmandale on kinnitatud 24 V toiteplokk ja liigvoolu kaitselüliti.

Juhtmete valikul on lähtutud sellest, et faasivool on 230 V AC ning maksimaalne võimalik vool ahelas ei ületa 10 A. 10 A piirang tuleneb kasutatud liigvoolu kaitselüliti spetsifikatsioonist. AWG tabelist [5] on näha, et vooluga 10 A sobib AWG 11 või madalama numbriga juhe. AWG skaala on selline, et mida suurem number, seda väiksem on juhtme diameeter. Faasijuhtmed peavad olema mitte peenemad kui diameetriga 2,3 mm.

Kõik kasutatud juhtmed on lõigatud sobivasse pikkusesse ning juhtme otstesse on pandud hülss, see on tangidega kokku vajutatud. Ühendused on tehtud elektriskeemi järgi

Pleksiklaasist väljapoole on toodud ohutusahela kõik olulised komponendid – hädaseiskamise nupp, kontaktori lülitamise nupp, märguande LED valgustus ning stendi pealüliti. Selleks on puuritud läbi pleksiklaasi vastava suurusega augud. Komponendid läbivad pleksiklaasi. Alt poolt on plastikust mutriga komponendid keeratud tugevalt vastu pleksiklaasi.

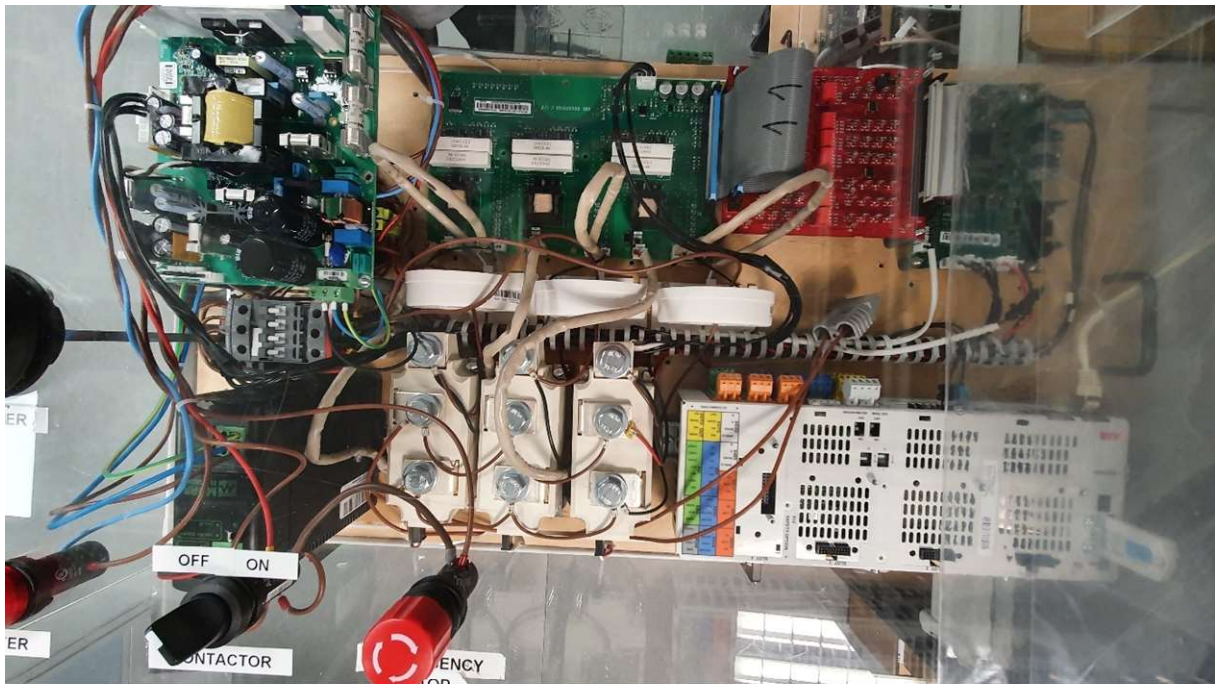
Toitekaabel on ehitatud käsitsi. Elektriohutuse seadusest tulenevalt peavad kaabli värvid vastama standardile. Faasijuhtmed on vastavalt pruun-must-hall, neutraal on sinine juhe ning kaitsemaandus PE on kollane-roheline juhe. Stendi sisenevad juhtmed standardvärvides, neutraal ja kaitsemaandus ei muuda mitte kuskil oma värvi. Faasijuhtmed on stendis kõik pruuni värvi, kuid need on markeeritud vastavalt U, V ja W ehk L1, L2, L3. Türistoride põhjaplaadid on sillatud ning kaitsemaandatud.

Tabel 4 Stendi ehituslikud komponendid

Ehituslikud detailid	Kogus/detailid
Isolaatoriga poldid	28 tk
DIN-liist	3 tk, pikkused lõigatud stendi jaoks sobivaks
Peitpea kruvid	28 stendi põhja alla ning 18 tk komponentide kinnitamiseks
Juhtmete ühenduselemendid	Kaablikingad, hülsid, kaablikanal, kaablisidemed, juhtmete DIN liistule kinnitatavad ühendused.
Juhtmed	N – sinine, PE – kollaroheline, faasijuhtmed – pruun, DC+ – punane, DC- – must, seinakontakti tööstusvoolu kaabel 3faasi-N-PE.

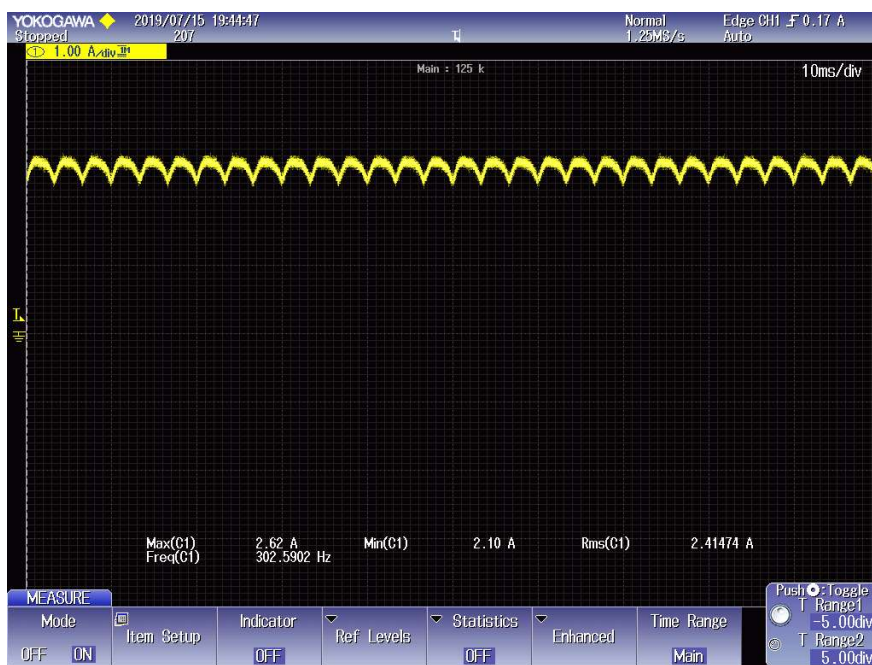
3.4 Stendi testimine

Esmalt on valminud stand kõikide eelpool nimetatud komponentidega.



Joonis 3.2 Valminud teststand

Esmalt mõõdeti ostsillosgraafiga stendi DC+ ja DC- väljundi voolude väärtust, et aimata, missugune on stendi voolutarve.



Joonis 3.3 Türistori DC+ ja DC- vahelt mõõdetud väljundi voolutugevus

Testimise käigus oli vaja mõõta BTDRi signaale, selleks kasutati ostsillosgraafi. Esimene asi ühendades ostsillosgraafi maanduse pool stendi UDC- külge ning pluss pool mõõdetava signaali külge. Juhtus see, et stend läks lühisesse ning liigvoolu kaitselüliti lülitus välja. Ohutusahel toimib, aga edasi tuli välja selgitada, miks see juhtus.

Digitaalse multimeetriga mõõdeti türistori alusplaadi ja UDC- vahelist potentsiaalide erinevus. Sisuliselt peaksid mõlemad olema maandatud, sest on GND potentsiaalid, kuid multimeeter näitas 300 V potentsiaalide erinevust.

Tekkinud lühis oli põhjustatud *ground loop* tekkest, ühesõnaga ostsillosgraafi ja stendi GND potentsiaalid erinesid. Pingete erinevuse tõttu tekkis vool ja kaitselüliti rakendus.

Tulenevalt tekkinud olukorrast tekkis vajadus kasutada diferentsiaal-sondi edaspidisteks mõõtmisteks.

Diferentsiaal-sond on ostsillosgraafi eraldi toitega seade, mis võimaldab teostada mõõtmisi suvaliste punktide vahel, sest maanduse potentsiaalid on lahutatud.

Mõõdetud sai lekkevoolusid juhul kui moodul ei alaldanud. Selgus, et klemmide pinnal on lekkepinge ligikaudu 25 V. Kuna moodul tavatingimustes on ühendatud tarbijaga, sai otsustatud kasutada koormust. Esiteks kasutati takistitest kokku pandud koormust, kuid probleemiks osutus kiire takistite kuumenemine. Järgnevalt sai otsustatud, et mõistlikum on kasutada elektroonilist koormust. Stendile ehitati juurde võimalus elektroonilist koormust kiirkinnitusega ühendada.

Türistoride väljundi DC+ ja DC- külge ühendati elektroonilise koormuse tarbeks kiirühendus. Koormuse ühendamine aitas tuvastada probleemseid ühendusi, sest kui kasutada koormust väärtusega 2 A, tekitasid halva kontaktiga ühenduskohad kuuldavalt heli. Pärast kõikide tekkinud puuduste eemaldamist sai välja selgitatud, et kasutatav optimaalne koormus on 4 A, sellisel juhul ei tekkinud lekkepingeid ning ühtlasi pole kuumenemise probleeme.

3.5 Kasutusjuhend

Originaalkasutusjuhendit kasutatakse inglisekeelses keskkonnas. Kasutusjuhend loodi koos stendiga, et kõigil oleks võimalik stendi tööülesannete täitmisel kasutada. Autori koostatud originaalkasutusjuhend on töö lõpus Lisa 3.

KOKKUVÕTE

Antud bakalaureusetöö eesmärk oli luua ABB mooduli tüübikoodiga ACS880-304 trükkplaatide ja elektriliste komponentide testimiseks vähendatud süsteem. Lõputöö on ajendatud ABB kvaliteediosakonna vajadusest kulutada vähem aega antud mooduli vigaste trükkplaatide ning elektrooniliste komponentide testimiseks.

Bakalaureusetöö on valminud koostöös ABB kvaliteediinseneridega ning on kasutatud nende soovitusi. Autor sai väga head teadmised ACS880-304 türistor-diod mooduli töötamise ning aldamise teooria kohta. Teooria näitlikustamiseks valmistati türistoride juhtimise põhimõtet tutvustav minimalistlik kahe mikrokontrolleri pealt töötav ekraani, nuppude, potentsiomeetrite ning LEDidega interaktiivne näidisprojekt.

Stendi valmimise kõrval koostati käsitsi joodetud spetsiaalne trükkplaat, mida ei koostata mass-seeriatena. Tegelikult trükkplaat oli eelnevalt tellitud, elektriskeemi järgi joodeti trükkplaadile erinevad nii pindmontaaži kui ka läbiaugu komponendid.

Lõputöö tulemusena ehitati valmis ACS880-304 DxT trükkplaatide testimise stend, millel on tagatud nõutud ohutusnõuded ning terviklikkus. Stendis on trükkplaatide vahetamine oluliselt lihtsam, kui on originaalmoodulis. Valminud stendile kirjutati kasutusjuhend koos ühendusskeemiga, et muuta stend universaalselt kasutatavaks. Kasutusjuhendis on kõik vajalik informatsioon, et ka ebapiisavate teadmistega isik saab ainult juhendi abil stendi kasutada. Juhendit testiti mooduli koostamisega varasemalt kokku mitte puutunud isiku peal ja ta sai ilusti hakkama.

CONCLUSION

The aim of the thesis is to build ABB ACS880-304 thyristor-diode module PCBs and electrical components testing stand. The thesis is composed because of the need of quality team to save time for analyzing defective components from modules.

The ACS880-304 setup has been composed in cooperation with ABB quality engineers and their recommendations are used. The author obtained wide knowledge about rectification and working principles of ACS880-304 module.

A minimalist interactive project was made with two microcontrollers, display, potentiometers, switches and LEDs. This project was made to illustrate the conductivity time of thyristors, in the real module it is difficult to see how the system really works. This is made for illustrating the thyristors theory.

Beside the completion of the setup, there are soldered whole electrical schematics on special printed circuit board. The printed circuit board was pre-ordered, different surface mount and through-hole components are soldered to the printed circuit board.

As a result of this thesis, it is built ACS880-304 DxT PCBs testing setup that which meet safety requirements and integrity. Replacing printed circuit boards is considerably easier on the stand than in the original module. The completed setup was provided with a user manual with a connection diagram to make the setup universally usable. The instruction manual contains all the necessary information so that even a person with insufficient knowledge can only use the setup with the help of the instruction manual. The manual was tested on a person who had no experience with the setup before and it did a great job.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

[1] ABB ACS880 diode supply control program Firmware manual. [*Online*]

https://library.e.abb.com/public/c0140b9ac282470983904af92f824624/ADIF250x_en.pdf

(01.11.2019, in English)

[2] The Art of Electronics (3rd edition)/ autorid P. Horowitz, W. Hill. Cambridge University Press, 2015.

[3] Elektroonilised juhendmaterjalid. [*Online*]

<https://www.electronics-tutorials.ws/power/three-phase-rectification.html> (15.11.2019,

in English)

[4] ACS880-304...+A018 diode supply modules Hardware manual [*Online*]

https://library.e.abb.com/public/663b53fc5e5343c6b70d1dc657fe018d/EN_ACS880-304_A018_HW_E.pdf (01.11.2019, in English)

[5] American Wire Gauge Conductor Size Table. [*Online*]

[https://s2.studylib.net/store/data/018049981_1-](https://s2.studylib.net/store/data/018049981_1-9626f8ded5af7609db8db0cd915cbbb2.png)

[9626f8ded5af7609db8db0cd915cbbb2.png](https://s2.studylib.net/store/data/018049981_1-9626f8ded5af7609db8db0cd915cbbb2.png) (05.12.2019, in English)

LISA 1 – ARDUINO PRO MINI KOOD

```
// esmalt deklareeritakse muutujad
int thyr1 = 9;           //türistoride juhtimise jaoks 3 tk
int thyr2 = 8;
int thyr3 = 7;
volatile byte state = 0; // mooduli oleku muutuja
int i;                  //loendab tsykleid
int interval = 3000;    // 3 s intervall
int on = 6;             //start nupp
int ons = 0;           // nupu olek
int lisa = 2;          // lisa mode jaoks nupp
float sagedus;
float cycle;
const int period = A1; //1024- 0 pote (vilkumise kiiruse jaoks)
const int dcycle = A2; //1024-0 pote (duty cycle jaoks)
int mod1 = 4;          // info edastamiseks teisele kontrollile
int mod2 = 3;         //

void setup() // funktsioon seadistuse tarbeks
{
  pinMode (on, INPUT);
  pinMode (thyr1, OUTPUT);
  pinMode (thyr2, OUTPUT);
  pinMode (thyr3, OUTPUT);
  pinMode (mod1, OUTPUT);
  pinMode (mod2, OUTPUT);
  pinMode (lisa, INPUT);
  pinMode (period, INPUT);
  pinMode (dcycle, INPUT);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(2), stopnupp, HIGH); //stopp nupp on interruptina
}

void stopnupp () //interrupt funktsioon. OFF nupule vajutades state = 0.
{
  if (state == 1 || state == 2 || state == 3) // Kui pole null, siis st => 0
    state = 0;
  else
    return 0;
}

void loop() // korduv tegevus
{
  ons = digitalRead(on);
  int bitt = digitalRead(lisa);
  if (ons == LOW && state == 0) // kui ei ole nupule vajutatud, kontrollib uuesti
  {
    ons = digitalRead(on);
    bitt = digitalRead(lisa);
    if (bitt == HIGH)
      state = 3;
  }
  else // kui vajutati nupule, siis
  {
    if (state == 0) // ainult alguses
    {
      state = 1; // starting staatus
      digitalWrite(mod1, HIGH); // outputi ka start state
      i = 0;
    }
  }
  switch (state)
  {
```

```

case 1: // startimise funktsioon
    delay (interval/6);
    digitalWrite (thyr1, HIGH);
    delay (interval/6);
    digitalWrite (thyr1, LOW);
    delay (interval/6);
    digitalWrite (thyr2, HIGH);
    delay (interval/6);
    digitalWrite (thyr2, LOW);
    delay (interval/6);
    digitalWrite (thyr3, HIGH);
    delay (interval/6);
    digitalWrite (thyr3, LOW);
    i++;
    if (i == 5)
        state = 2; // counteri alusel uus state
break;
case 2: // standard mode
    digitalWrite(mod2, HIGH);
    digitalWrite(mod1, LOW);
    digitalWrite (thyr1, HIGH);
    delay (interval/3);
    digitalWrite (thyr1, LOW);
    digitalWrite (thyr2, HIGH);
    delay (interval/3);
    digitalWrite (thyr2, LOW);
    digitalWrite (thyr3, HIGH);
    delay (interval/3);
    digitalWrite (thyr3, LOW);
break;
case 3:
    digitalWrite(mod1, HIGH);
    digitalWrite(mod2, HIGH);
int arv = analogRead (dcycle);
    cycle = (arv/1024); // siit tuleb protsent, murdarvuna
int freq = analogRead (period);
    sagedus = (freq*2.95)-5; // siin on millisekundid
    delay (sagedus/3*(1-cycle)); // see on viite aeg enne syttimist
    digitalWrite (thyr1, HIGH);
    delay ((sagedus/3)-(sagedus/3*(1-cycle)));
    digitalWrite (thyr1, LOW);
    delay (sagedus/3*(1-cycle));
    digitalWrite (thyr2, HIGH);
    delay ((sagedus/3)-(sagedus/3*(1-cycle)));
    digitalWrite (thyr2, LOW);
    delay (sagedus/3*(1-cycle));
    digitalWrite (thyr3, HIGH);
    delay ((sagedus/3)-(sagedus/3*(1-cycle)));
    digitalWrite (thyr3, LOW);
break;
default:
    digitalWrite(mod1, LOW);
    digitalWrite(mod2, LOW);
    digitalWrite(thyr1, LOW);
    digitalWrite(thyr2, LOW);
    digitalWrite(thyr3, LOW);
break;
}
}
}

```

LISA 2 – ARDUINO UNO KOOD

```
#include <LiquidCrystal.h> // kaasab LCD käskude teegi
LiquidCrystal lcd (12,11,5,4,3,2); // ekraan oma pinnidega
const int period = A1; //1024- 0 pote (vilkumise kiiruse jaoks)
const int dcycle = A2; //1024-0 pote (duty cycle jaoks)
float sagedus;
float cycle;
int mod1 = 8; // HIGH kui starting mode
int mode1 = 0;
int mod2 = 9; // HIGH kui diode mode
int mode2 = 0; // kui molemad korruga HIGH, siis on advanced mode.
int state = 0;

void setup()
{ // sean üles
  lcd.begin (16, 2); // LCD ekraani
  pinMode (period, INPUT);
  pinMode (dcycle, INPUT);
  pinMode (mod1, INPUT);
  pinMode (mod2, INPUT);
  pinMode (13, OUTPUT); // punane LED, advanced mode
}

void loop() // korduv osa koodist
{
  mode1 = digitalRead (mod1);
  mode2 = digitalRead (mod2);
  if (mode1 == LOW && mode2 == LOW) // kui pole sisendit, siis state = 0 ja ekraanil kuvatakse
  seda kirja
  {
    if (state == 1 || state == 2 || state == 3)
    {
      lcd.clear();
      state = 0;
    }
    lcd.setCursor (0,0);
    lcd.print ("Alustamiseks");
    lcd.setCursor (0, 1);
    lcd.print ("vajuta START");
    delay (100);
    mode1 = digitalRead (mod1);
    mode2 = digitalRead (mod2);
  }
  else
  {
    if ((state ==0||state == 2|| state == 3) && mode1 == HIGH)
    {
      lcd.clear ();
      state = 1;
    }

    if ((state == 0|| state == 1|| state == 3) && mode2 == HIGH)
    {
      lcd.clear ();
      state = 2;
    }


    if ((state == 0|| state == 1|| state == 2) && mode2 == HIGH && mode1 == HIGH)
    {
```

```

    lcd.clear ();
    state = 3;
}

switch (state)
{
case 1:
    digitalWrite (13, LOW);
    lcd.setCursor (0,0);
    lcd.print ("Starting up");
    lcd.setCursor (0, 1);
    lcd.print ("Period (ms)");
    lcd.setCursor (12, 1);
    lcd.print ("3000");
    delay (100);
break;
case 2:
    digitalWrite (13, LOW);
    lcd.setCursor (0,0);
    lcd.print ("Working");
    lcd.setCursor (0, 1);
    lcd.print ("Period (ms)");
    lcd.setCursor (12, 1);
    lcd.print ("3000");
    mode1 = digitalRead (mod1);
    mode2 = digitalRead (mod2);
    delay (100);
break;
case 3:
    digitalWrite (13, HIGH);
    lcd.setCursor (0,0);
    lcd.print ("AM| cycle:");
    lcd.setCursor (12, 0);
    int arv = analogRead (dcycle);
    cycle = (arv/10.24);
    lcd.print (cycle);
    lcd.setCursor (0, 1);
    lcd.print ("Period (ms)");
    lcd.setCursor (12, 1);
    int freq = analogRead (period);
    sagedus = (freq*2.95)-5; // valem teisendab millisekunditeks.
    lcd.print (sagedus);
    mode1 = digitalRead (mod1);
    mode2 = digitalRead (mod2);
    delay (100);
break;
default:
    digitalWrite (13, LOW);
    lcd.setCursor (0,0);
    lcd.print ("Alustamiseks");
    lcd.setCursor (0, 1);
    lcd.print ("vajuta START");
    delay (100);
    mode1 = digitalRead (mod1);
    mode2 = digitalRead (mod2);
break;
}
}
}
}

```

		IM6 ACS880-304 D8T test setup			
Project	Date	Author	Status	Revision	Version Page
	22.10.2019	Siret Hinno	Open	1	1 / 7


LISA 3 – USER MANUAL

1 Introduction

This document contains ACS880-304 D8T test setup manual.

2 Table of contents

1. Introduction	1
2. Table of contents	1
3. Required equipment	2
4. Setup components	2
5. System description	3
6. Connection diagram	4
7. Emergency STOP	5
8. Starting the setup	5
9. Working setup parameters	7
10. Power OFF	7

		IM6 ACS880-304 D8T test setup				
Project	Date	Author	Status	Revision	Version	Page
	22.10.2019	Siret Hinno	Open	1		2 / 7

3 Required equipment

3-phase wall socket power supply Y400 VAC/230 VAC 16 A.

4 Setup components

- Control unit BCU-02
- Interface board BINT-12C
- Signal measurement board BEEP-01
- Thyristor driver board BTDR-01C
- Power supply board BDPS-11C (input voltage 230VAC, 380 to 1300 VDC)
- Control panel ACS-AP-I
- MURR Switch mode power supply MCS-B 7.5-110-240/24
- Thyristor/diode module 3 x SKKH 570/16, 570 A; 1600 V
- Current measurement transformer 3 x R518C
- NTC thermistor 3 x EPCOS M703/4,7k/3% (3AXD50000009995)
- R6I R7I ambient NTC-thermosensor 300V (3AXD50000001337)
- Memory unit for software ZMU-02 (Software ADILX v2.51.0.0)

Safety components:

- Main switch OT16F3
- Automatic fuse S203 C10 400V
- Contactor AF30-30-00-11
- Relay RCL425024, coil 24 VDC, switching 8A/250 VAC
- Emergency switch 300 V/ 5A
- Contactor switch 300 V/5A
- LED 230 VAC

ABB		IM6 ACS880-304 D8T test setup			
Project	Date	Author	Status	Revision	Version Page
	22.10.2019	Siret Hinno	Open	1	3 / 7

5 System description

The setup is based on half-controlled diode supply unit, which is used in high power drive systems and has built-in thyristor to charge the inverters connected to the common DC bus.

The setup is full-wave rectifier, it is power supply module. It is used for converting three phase AC voltage to DC voltage. DC voltage supplies the inverters that run the motors. Output DC voltage has ripple, also current level which is shown in Figure 1. To get constant DC, the signal has to be smoothed. The DC signal has ripple because it needs capacitors and resistors block. At the setup is used only one capacitor block, but the setup needs to smooth signal more.

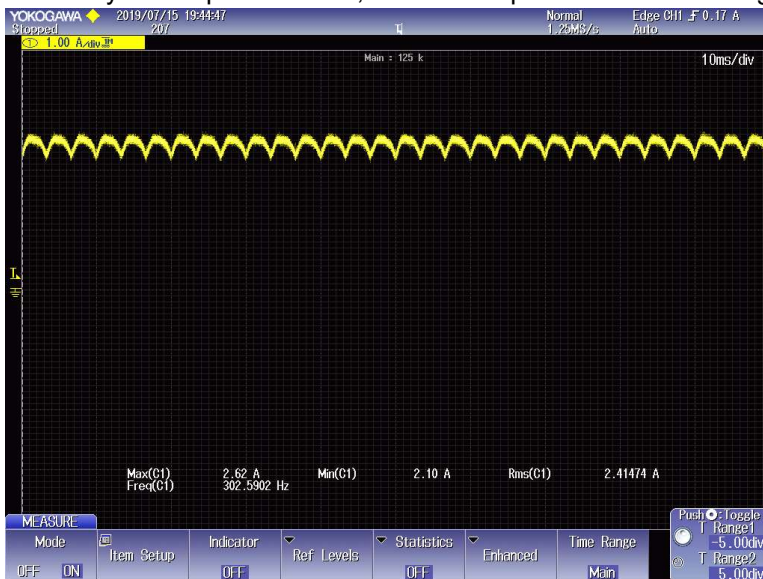


Figure 1 Thyristor output current signal

The test stand is powered by 3-phase grid supply. Two of the phases have cut-outs after automatic fuse to get power to BDPS and MCS-B 24 VDC power supply. MCS-B is used as BCU-02 and safety circuit power supply.

BDPS is double power supply board, inputs are X11 230 VAC (L, N, PE) and X1 250 to 1300 VDC. In the setup it used only 230 VAC power supply. The DC input X1 is not connected, it is optional to connect it later. Thyristors DC output will be BDPS X1 input. BDPS output X2 is +24 VDC, UDC-, -24VDC and TEMP_POW signal for BTDR.

BTDR is thyristor driver board. For each phase is used inputs for thyristor base plate temperature measurement and each phase current measurements. BTDR is used for control thyristors. The measured temperature is sent to BINT-12C via BEEP-01 as analog signal. Analog signal is a specific voltage level. BCU is controlling thyristors with program. The communication between BCU and thyristors is via BINT.

BEEP-01 is used as option to read information which is from BTDR and is going to BINT.

BINT is interface board, main function is internal serial communication.

At the setup is possible to analyze thyristors, current measurement transformers, BTDR, BINT, BCU-02 and software.

If the load is about 1 kW, then maximum phase current peak level is measured about 4,5 A, RMS is about 300 mA. It is measured with current probe Yokogawa 701933.

When setup and thyristors are working, the control panel shows current level about 2,1 A.

6 Connection diagram

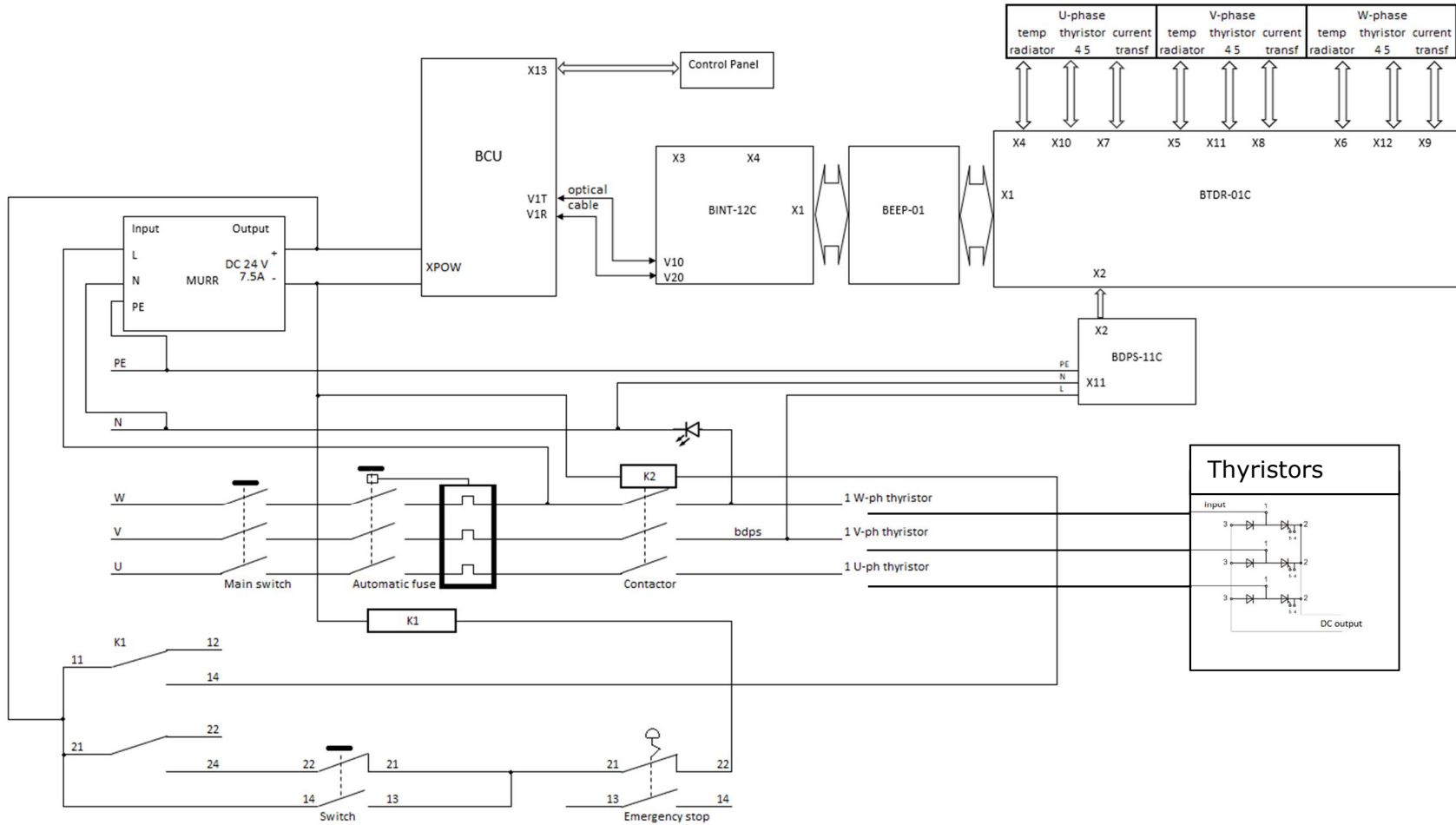


Figure 2 Connection diagram

ABB		IM6 ACS880-304 D8T test setup			
Project	Date	Author	Status	Revision	Version Page
	22.10.2019	Siret Hinnno	Open	1	5 / 7

7 Emergency STOP

WARNING! Hazardous voltage! Apply protection against accidental contact.

If some problems occur with the setup, the fastest method to power off is red emergency STOP button. The power will be off until red button is released by turning it clockwise. If problem is with MURR power supply, turn OFF main switch or disconnect 3-phase power supply from wall socket.

After that have to:

Turn OFF contactor switch.

Turn OFF main switch

Disconnect 3-phase power supply from wall socket

8 Starting the setup

Before the start up make sure connections are unbroken and components are not damaged. To start up. Automatic fuse has to be switched on.

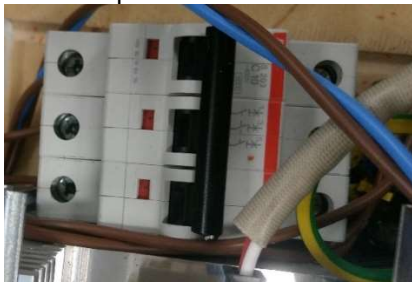


Figure 3 Automatic fuse switched ON

Put the plexiglass cover on the setup

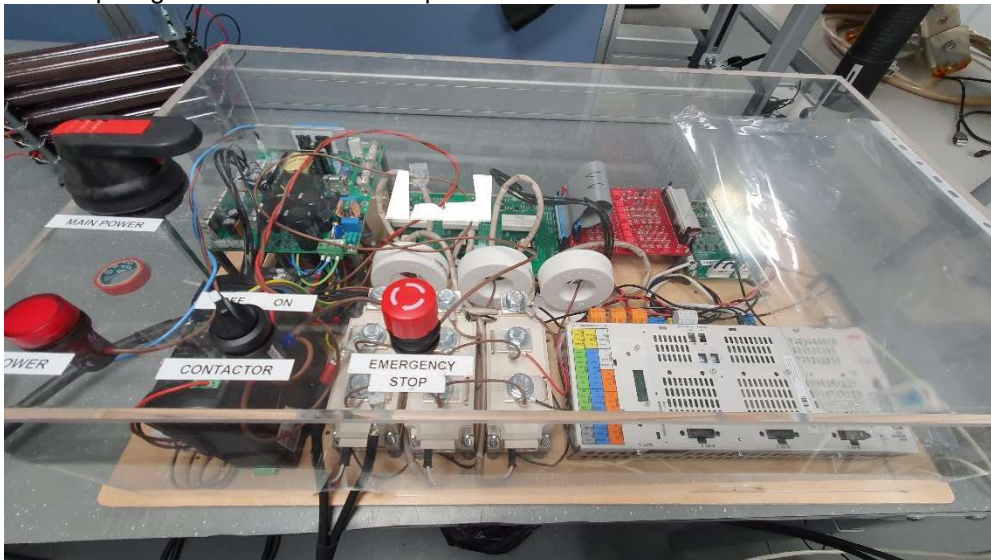


Figure 4 Setup with plexiglass cover

Connect 3-phase power supply into wall socket

To turn ON main power turn it clockwise

ABB		IM6 ACS880-304 D8T test setup			
Project	Date	Author	Status	Revision Version	Page
	22.10.2019	Siret Hinno	Open	1	6 / 7



Figure 5 Power supply connected into wall socket



Figure 6 Main power switch

Turn ON contactor switch turning it clockwise and activate the contactor connection just like starter of the car. While turning system on, you can hear contactor switching and setup will power up. The red LED next to contactor switch will light up that shows 400V AC power is on.



Figure 7 Contactor switch located in the middle

After 3 seconds setup will power up. To make sure power is on, LEDs on the boards will light up and control panel will start.



Figure 8 Control panel (stop state)

To activate thyristors have to use control panel start button and extra LEDs on the BEEP will power up.

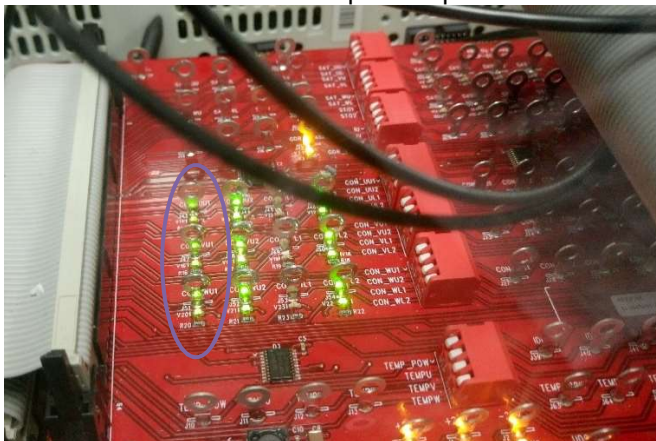


Figure 9 LEDs that on while thyristors are running

ABB		IM6 ACS880-304 D8T test setup			
Project	Date	Author	Status	Revision	Version Page
	22.10.2019	Siret Hinnö	Open	1	7 / 7

9 Working setup parameters

If all the LEDs light up and control panel start up, then the setup has power.

When everything is working, the control panel does not show faults or warnings.

On the UDC- is hazardous voltage level about -300 V, if you need to measure signals it is mandatory to use differential probe.

If you press Start button on the control panel:

Thyristors will make audible noise.

DC voltage about 560 V, signal look like in the Figure 1. (if there is undervoltage fault or 260 V output, the thyristor phases may be misconnected)

Grid voltage is about 410 V

Temperatures will be near room temperature. To see temperatures, insert pass code 06121917

The load is connected to thyristors DC+ (2) and DC-(3).

If load is on, the voltage will be about 540 V.

Line current is on control panel is 2,9 while the load is 3,4 A,

CP 1,23 and load 1 A.

Thyristor temperatures are not rising significantly even while setup is running and load is about 4 A.

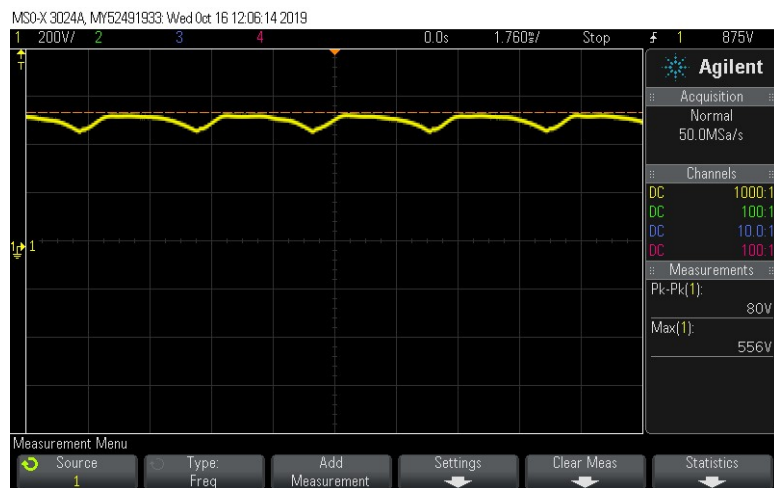


Figure 10 DC output if load is on

10 Power OFF

Regular power off

Turn OFF contactor switch

Turn OFF main switch

Disconnect 3-phase power supply